

**В. И. МИЛЫХ**, проф., докт. техн. наук,  
**Л.В. ШИЛКОВА, Д.В. ПОТОЦКИЙ**, НТУ “ХПИ”

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ ЛИСТОВ СЕРДЕЧНИКА СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА НА ПАРАМЕТРЫ ЕГО РАБОТЫ С ПОМОЩЬЮ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ**

Основные процессы в электрических машинах (ЭМ) осуществляются через магнитное поле (МП). С развитием вычислительных средств стало возможным облегчить непосредственный расчет МП, а также проводить его с большей точностью [1].

Численные расчеты магнитных полей в ЭМ могут эффективно проводиться методом конечных элементов (МКЭ). Существуют программы, которые позволяют это сделать как в двухмерной, так и трехмерной постановке.

Целью данной работы является сравнение параметров турбогенератора (ТГ), полученных методом численно-полевым методом на двухмерной модели для двух направлений намагничивания листов сердечника статора ТГ [3]. В качестве объекта для исследования принят ТГ типа ТГВ-340-2ПЗ полной номинальной мощностью 400 МВ·А на номинальное напряжение обмотки статора 20 кВ. Данный ТГ имеет число пар полюсов  $p=1$ , диаметры статора наружный  $d_{se}=2,5$  м и внутренний  $d_s=1,275$  м, количество пазов статора  $Q_s=30$ , воздушный зазор  $\delta=77,5$  мм.

Графически модель ТГ реализуется в программе КОМПАС V9 с последующим импортированием файла в формате dxf в среду программы FEMM [3]. Эта программа реализует на основе МКЭ уравнение, описывающее МП (в нашем случае – в поперечном сечении ТГ):

$$\nabla \times \left[ \frac{1}{\mu(B)} \nabla \times (\vec{k} A_z) \right] = \vec{k} J_z,$$

где  $A_z, J_z$  – аксиальные составляющие векторного магнитного потенциала (ВМП) и вектора плотности тока;  $\vec{k}$  – орт;  $\mu$  – магнитная проницаемость, которая определяется как функция магнитной индукции  $B$  посредством кривой намагничивания материала (использовалась кривая намагничивания стали 3414 для статора и Ст3-для ротора, а также учитывались коэффициенты за-

полнения шихтованных сердечников статора и ротора). Для ВМП задано граничное условие Дирихле [1].

В определенных условиях оставалось задать МДС обмотки возбуждения, расположенной на полюсах ротора:  $F_o = N_E I_o$ , где  $N_E = 7$  - число витков на полюс;  $I_o = 1055,7$  А - ток возбуждения в режиме холостого хода. И рассчитать МП по программе FEMM. Рассчитанная картина МП показана на рис.1. Расчет МП на ЭВМ с процессором Genuine Intel 2,2 GHz занимает 1 мин.

Численный расчет МП дает прямой выход на целый ряд электромагнитных параметров ТГ [1]. В нашем случае ограничимся сравнением следующих результатов полевого расчета для двух случаев направления намагничивания по формулам из [1] и классического расчета по методу магнитной цепи [2]. Основной магнитный поток в воздушном зазоре определяется через распределение ВМП с учетом активной длины ТГ [1]:  $\Phi = 5,684$  Вб при направлении

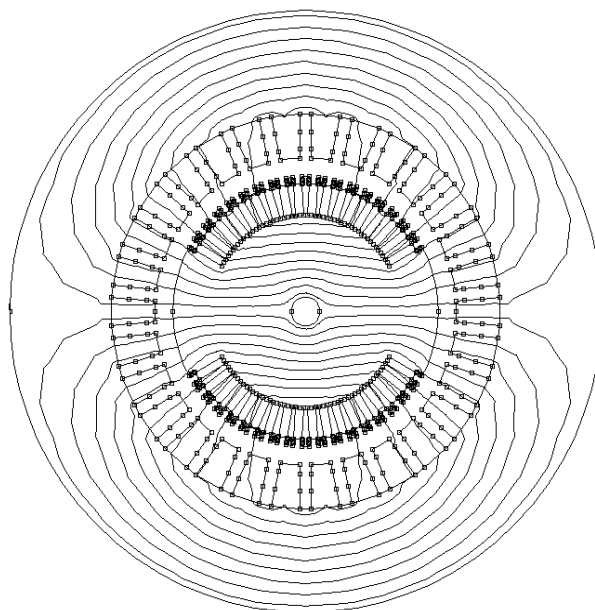


Рис. 1. Картиной магнитного поля

главной оси анизотропии вдоль ярма и  $\Phi = 5,741$  Вб при направлении главной оси анизотропии вдоль зубцов, а при проектировании ТГ номинальное значение магнитного потока составило  $\Phi = 5,714$  Вб. Сравнивая полученные результаты можно сделать вывод, что направление главной оси анизотропии вдоль зубцов дает лучшие показатели параметров ТГ. Кроме того, численный метод дает более точные результаты. Очевидное уточнение произошло благодаря гораздо меньшим допущениям численного метода расчета МП по сравнению с классическим методом. Погрешность последнего здесь оценивается в 0,5...0,7%, что необходимо учитывать при проектировании и исследовании ЭМ.

**Список литературы:** 1. Милых В.И., Полякова Н.В. Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей // *Електротехніка і електромеханіка*.-2006.-№2.-С.40-46. 2. Вольдек А.И. Электрические машины. -Л.: Энергия,-1978.-832 с. 3. Meeker D. Finite Element Method Magnetics. Version 4.0. User's Manual, January 26, 2004 // <http://femm.berlios.de>, 2003.